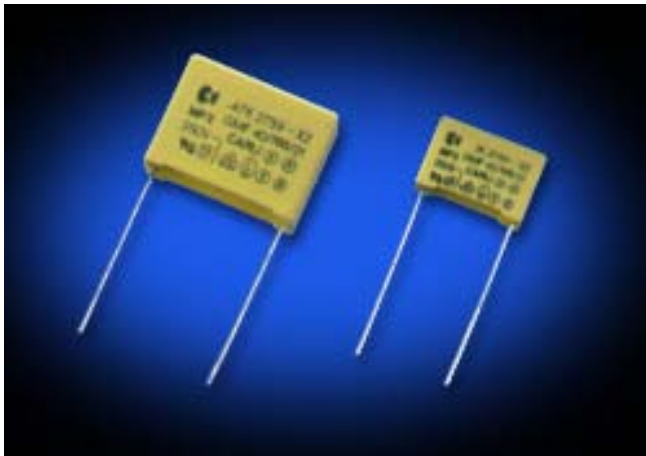




Seminari EMC

Capítol 2:

Components Passius



Components Passius

Condensadors

Inductàncies

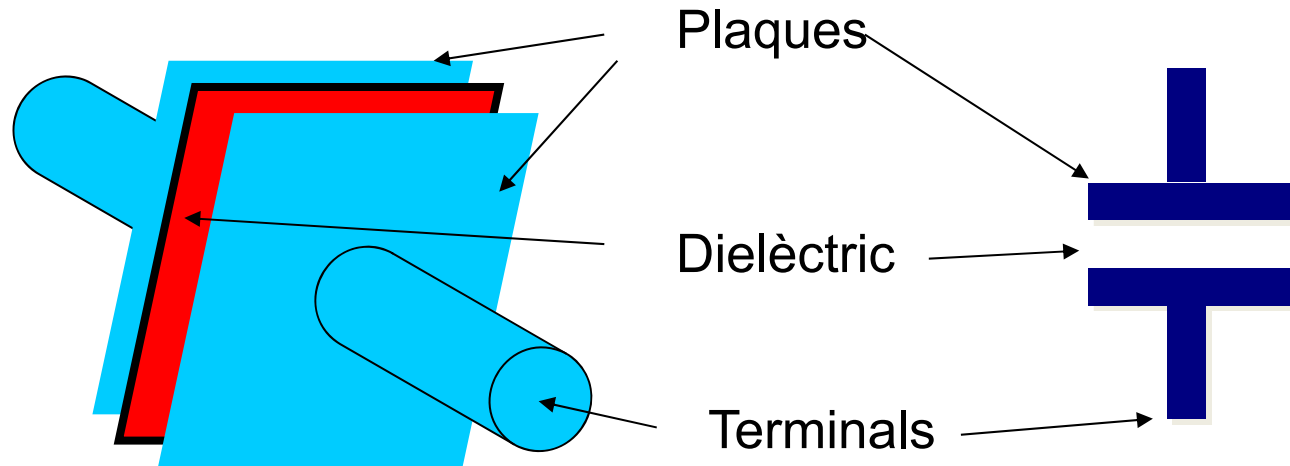
Transformadors

Resistències

Ferrites

Conductors

Condensadors



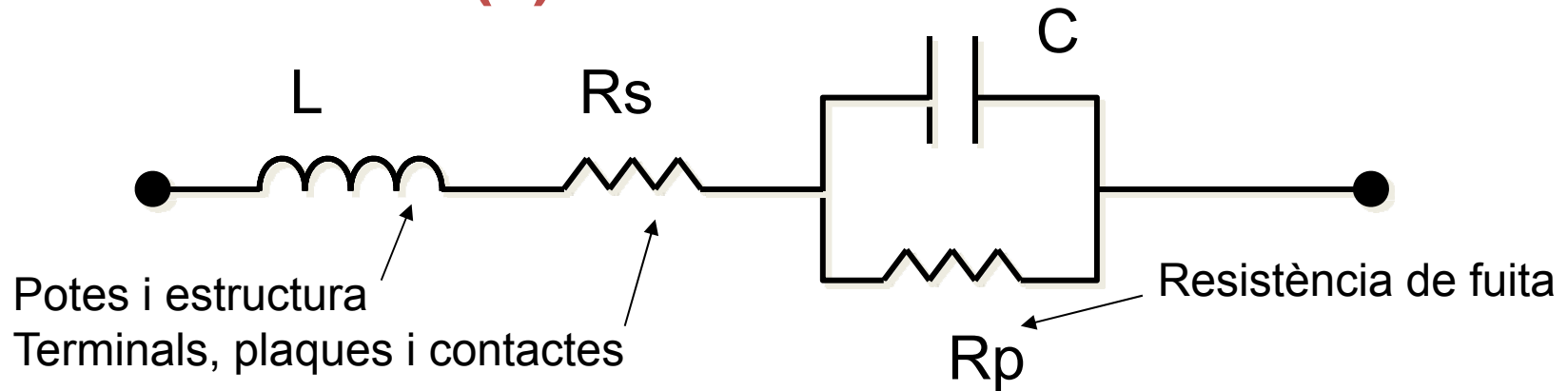
Comportament teòric

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = C \cdot V \\ I = C \cdot \frac{\partial V}{\partial t} \end{array} \right. \quad Z = X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

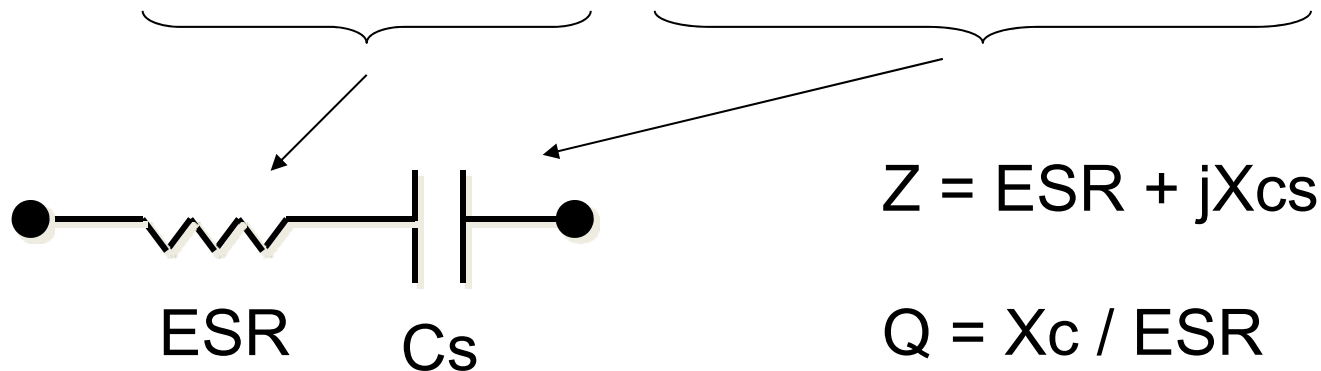


Aquest comportament ideal només és cert en un marge de freqüències determinat

Condensadors (2)



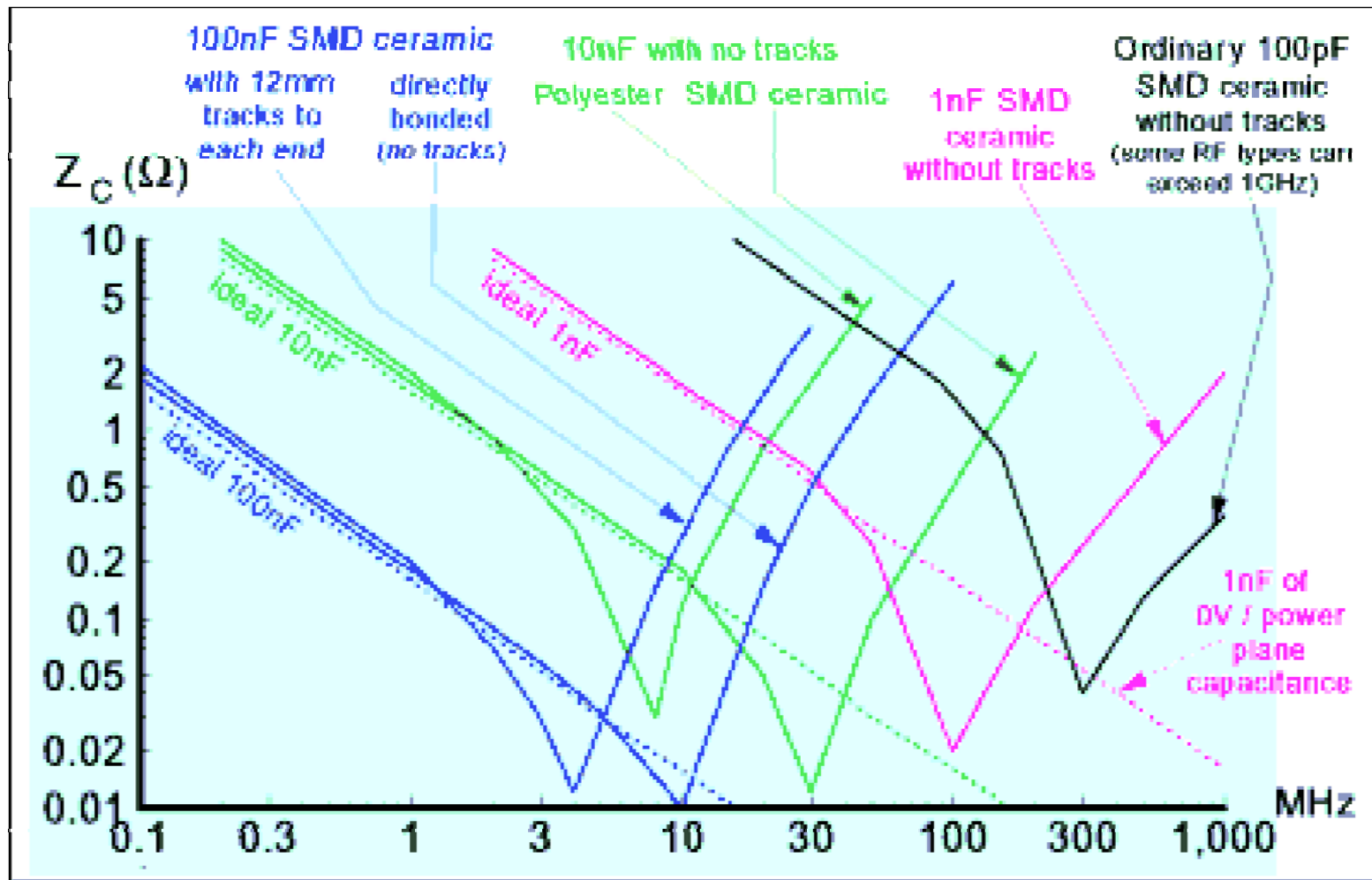
$$Z = R_s + \frac{R_p}{1 + \omega^2 R_p^2 C^2} + j \frac{\omega L - \omega R_p^2 C + \omega^3 R_p^2 LC}{1 + \omega^2 R_p^2 C^2}$$



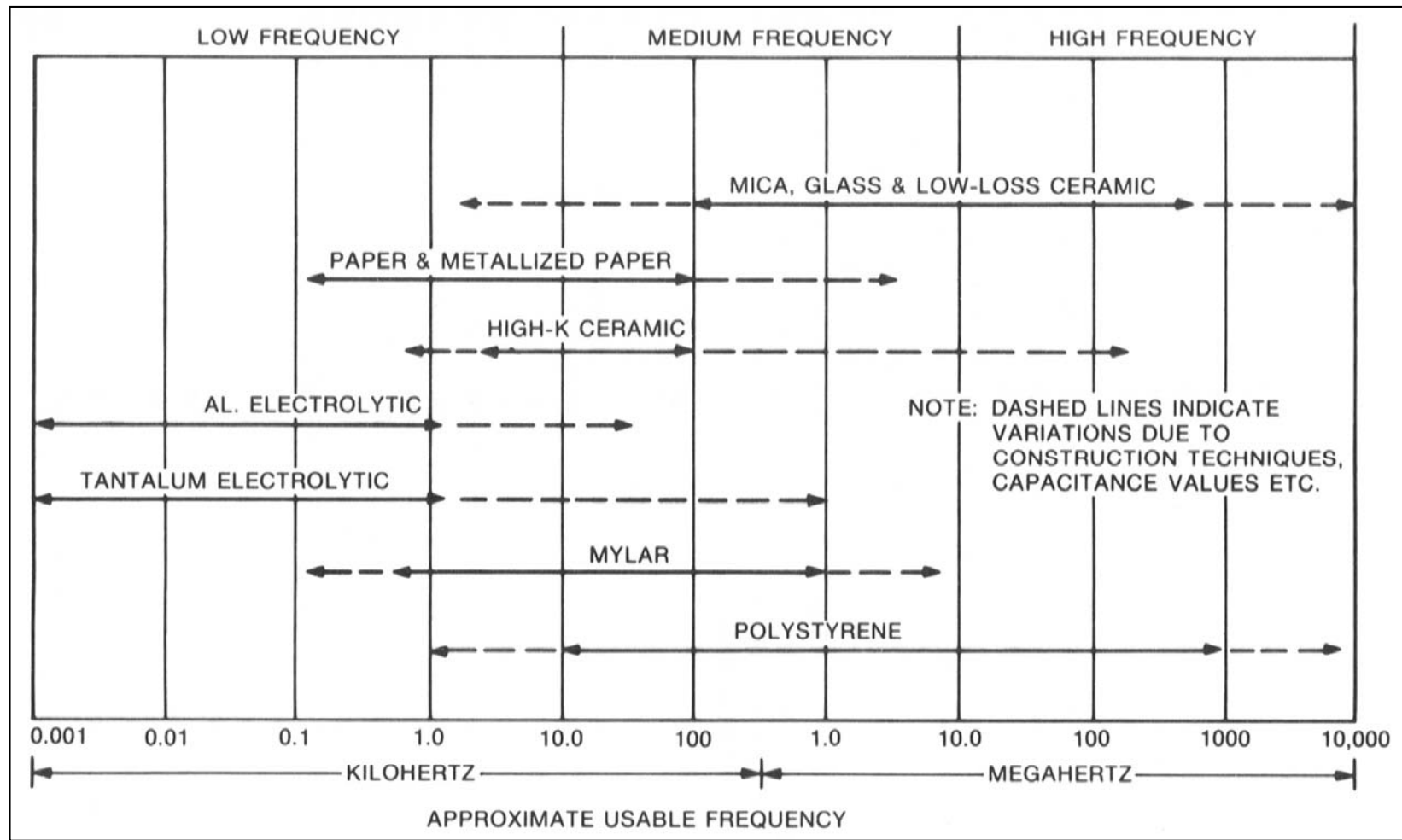
$$Z = \text{ESR} + jX_{cs}$$

$$Q = X_c / \text{ESR}$$

Condensadors (3)



Condensadors (4)



Condensadors (5)

Els condensadors **no** es comporten idealment

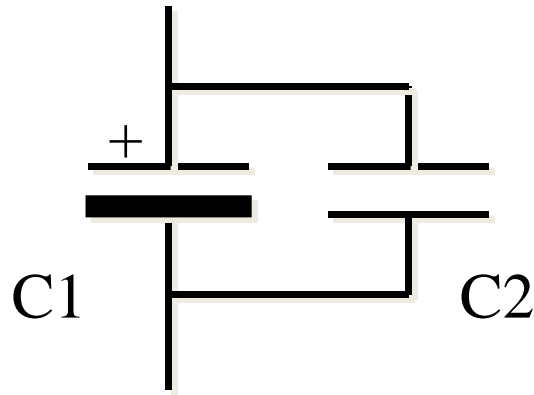
- Tenen una freqüència de ressonància
- Freqüència de treball com factor crític en elecció condensador
- Freqüència màxima limitada per factors físics i de forma
- Freqüència mínima en funció de la capacitat màxima disponible
- ESR a tenir en compte per dissipació energia en condensador

Condensadors (6)

Freqüència ressonància (MHz)		
Capacitat pF	Terminals 6mm	Terminals 12mm
10.000	12	N/A
1.000	35	32
500	70	65
100	150	120
50	220	200

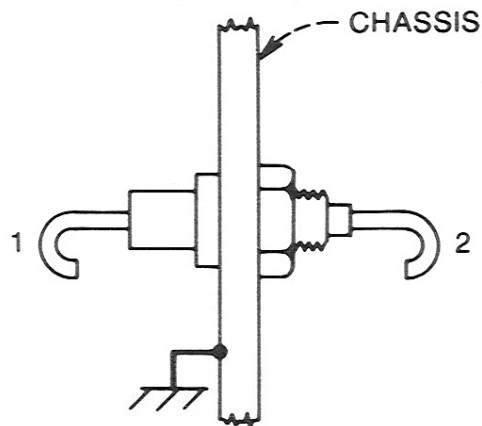
Mode de fallida Condensadors		
Tipus	Ús normal	Sobretensió
Electrolític	Obert	Curtcircuitat
Ceràmic	Obert	Curtcircuitat
Mica	Curtcircuitat	Curtcircuitat
Mylar	Curtcircuitat	Curtcircuitat
Mylar Metal.	Fugues	Soroll
Tàntal	Curtcircuitat	Curtcircuitat

Condensadors (7)

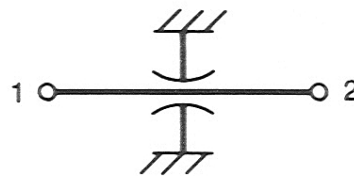


Condensadors en paral·lel

- $C1 \gg C2$
- C1 Electrolític, C2 Mica o Ceràmic
- Major ample de banda filtratge
- Ull amb arrissat sobre electrolític
- Ull amb inductàncies i ressonància

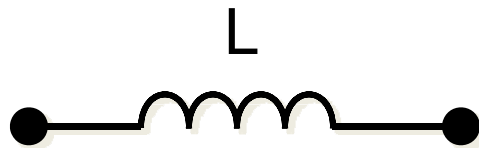


Condensadors passa-murs



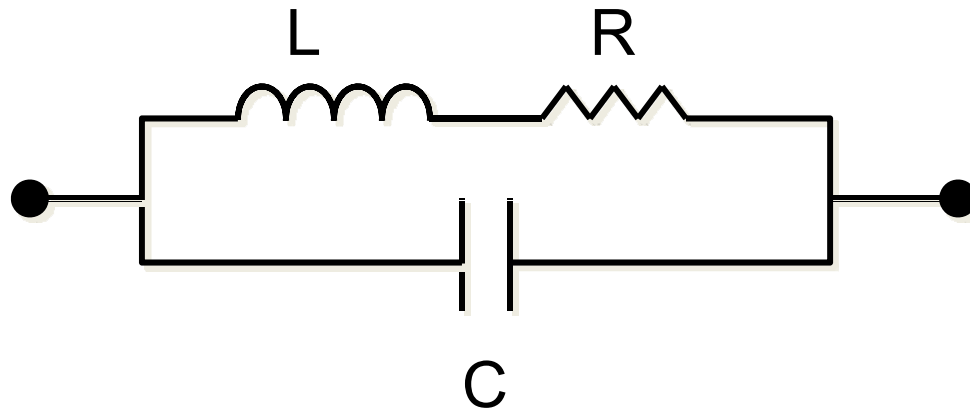
- Mantenen blindatge
- Actuen com filtre passa baixes

Inductàncies



$$Xl = 2\pi fL$$

$$V = L \frac{\partial I}{\partial t}$$



$$Q = Xl / R$$

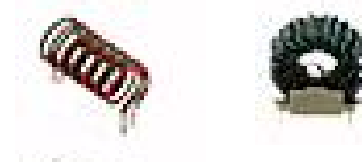
$$Z = \frac{(R + j\omega L) \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}$$

R: Resistència del bobinat

C: Capacitat distribuïda en espres

Inductàncies (2)

Tipus d'inductàncies



- Nucli d'aire: Qualsevol nucli no magnètic
- Nucli magnètic: Nucli de material permeable
 - Inductors oberts
 - Inductors tancats

Comportament EMC

- Aire o magnètiques obertes poden causar més interferències magnètiques que tancades
- Magnètiques obertes son les més susceptibles a camps magnètics externs que tancades i aire.

Inductàncies (3)

- Altres factors a considerar (bobines amb nucli)

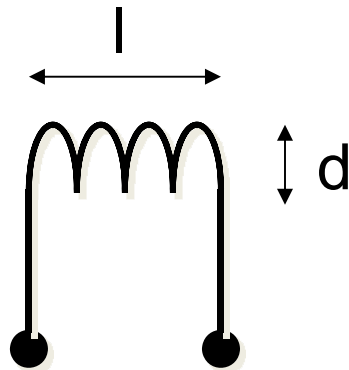
Saturació del nucli: Per corrents elevats el nucli es satura i el valor de la inductància cau

Pèrdues per Foucault: Pèrdues produïdes pels corrents de Foucault. Especialment en nuclis conductors. No important en nuclis de ferrita

Histèresis: En generar un flux en el nucli amb un corrent, aquest queda magnetitzat fins que apliquem un corrent en sentit contrari.

Inductàncies (4)

Disseny de bobines senzilles



$$L_{aire} (\mu H) = 0,394 \frac{d^2 \cdot n^2}{18d + 40l}$$

$$L_{nucli} = \mu \cdot L_{aire}$$

n: nombre d'espises

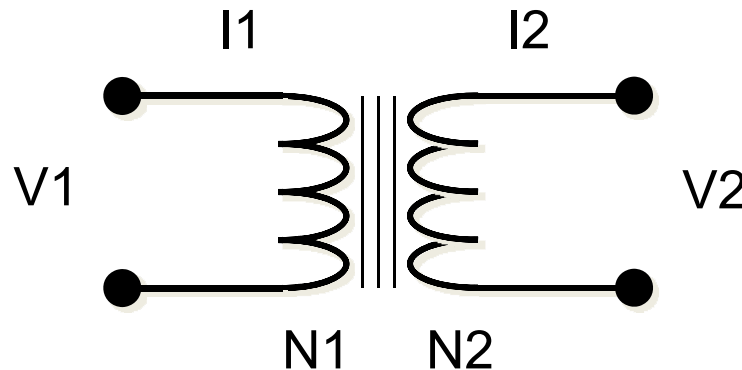
μ : permeabilitat

l: longitud espises

d: diàmetre espises

Diàmetre cable $\approx 1,5A/mm^2$

Transformadors



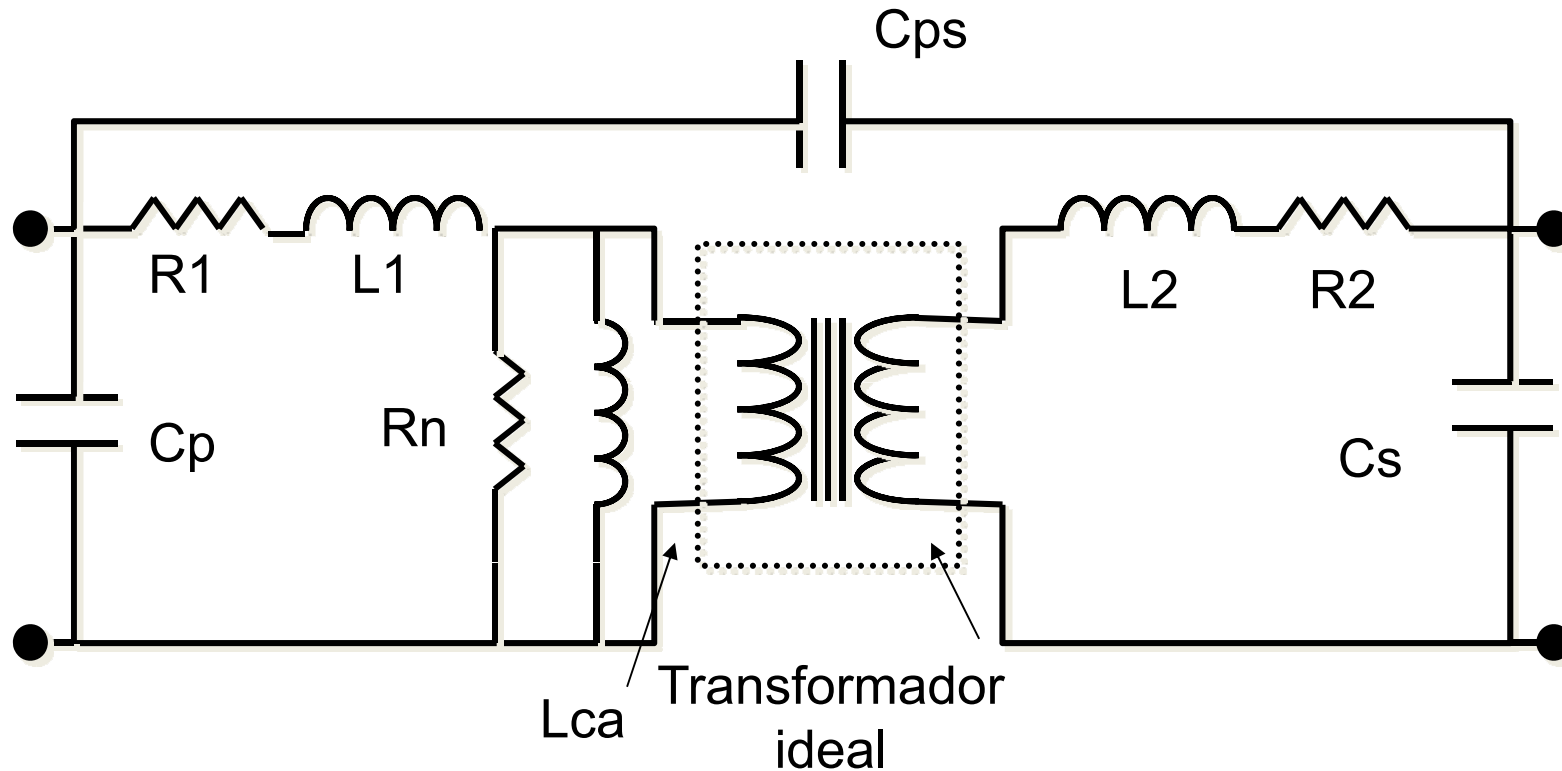
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$P_{out} = V_2 \cdot I_2 = V_1 \cdot I_1 = P_{in}$$

Assumpcions del transformador ideal

- No afectat per camp elèctric
- Resistència de debanats menyspreable
- Tot el flux magnètic contingut en el nucli
- Nucli de permeabilitat infinita i no saturable
- Pèrdues nul·les en nucli
- Capacitats paràsites menyspreables

Transformadors (2)



R1: R primari;
L1: L dispersió primari;
Rn: R pèrdues nucli;
Cps: C entre primari i secundari

R2: R secundari
L2: L dispersió secundari
Lca: L primari en circuit obert

Transformadors (3)

Comentaris sobre transformadors

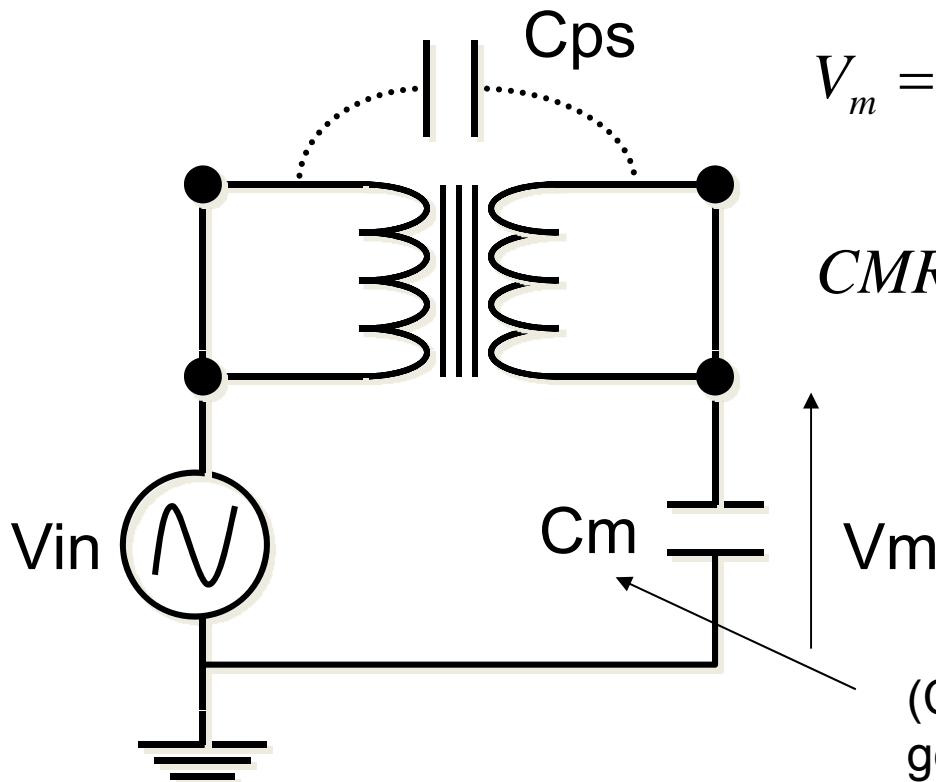
- Son càrregues inductives. Transitoris de commutació
- Parts resistives. Escalfament component i entorn
- Inductàncies dispersió. Modelen flux que escapa del nucli.

Implica interferència en proximitats

- Capacitat primari-secundari Cps.
 - Representa un camí per la RF en mode comú
 - No depèn de la relació de transformació
 - Cps acostuma a valer entre 10 i 50pF

Transformadors (4)

Exemple de mesura de Cps



$$V_m = V_{in} \frac{C_{ps}}{C_m + C_{ps}} \approx V_{in} \frac{C_{ps}}{C_m}$$

$$CMRR = 20 \log \frac{V_{in}}{V_m} \approx 20 \log \frac{C_m}{C_{ps}}$$

(Cm es referència coneguda
generalment uns 10nF)

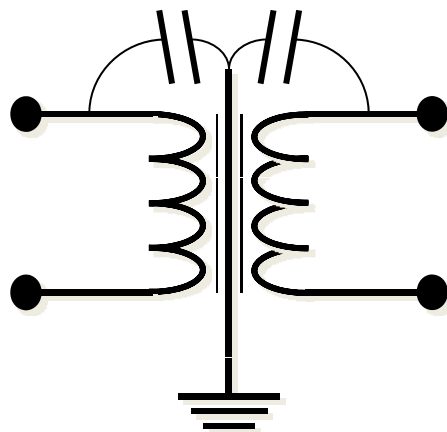
Transformadors (5)

→ Cps fa possible la interferència en mode comú

Mètodes de millora (disminució de Cps):

- Separar devanats. Podem baixar Cps a 15pF
- Posar apantallament electrostàtic. Podem baixar Cps a 0,05pF

La pantalla proporciona camí de baixa impedància a terra



La millora de Cps implica la millora del CMRR i la reducció de la interferència en mode comú

Resistències

→ Son elements destinats a presentar una impedància resistiva pura. Realment no ho son mai.

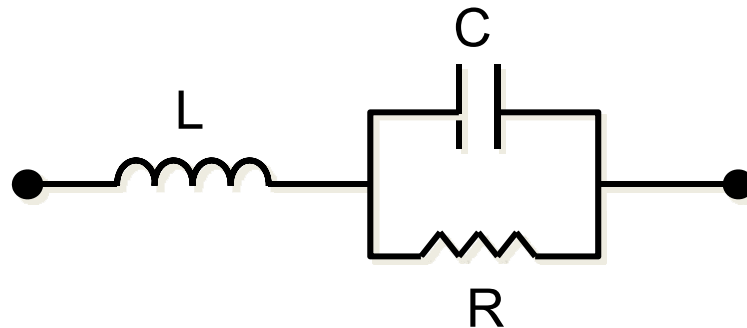
Hi ha diferents tipus de resistències:

- Compost de carbó
- Fil bobinat
- Pel·lícula metàl·lica o carbó

Aquestes darreres poden ser sensibles a les descàrregues ESD quan estan espiralades per augmentar R.

Resistències (2)

Resistències de compost de carbó



R: R en contínua
L: L terminals (nH)
C: C total equivalent
(capacitat paràssita entre grànuls carbó d'entre 0,1 a 1,5pF i major per més potència)

$$Z = ESR + jX$$

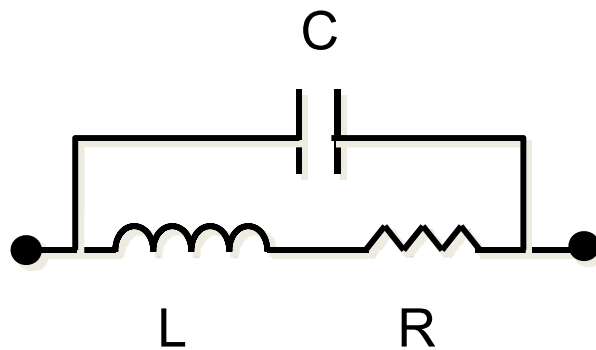
$$ESR = \frac{R}{1 + \omega^2 C^2 R^2}$$

$$Q = \frac{X}{ESR} = \omega \left(\frac{L}{R} - CR \right)$$

- Valor resistiu en ESR. Depèn de ω i C
- Aquí interessa tenir Q baixa

Resistències (3)

Resistències de fil bobinat



R: R en continua

L: L del devanat (100nH a 25μH)

C: C distribuïda entre espines
(2 a 14pF)

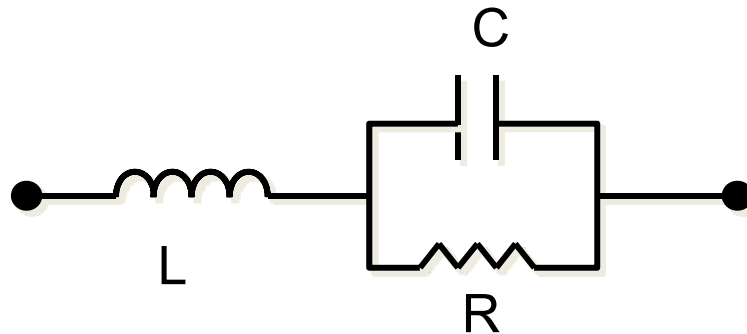
$$ESR = \frac{R}{1 + \omega^2 C(CR^2 - 2L)}$$

$$Q = \frac{X}{ESR} = \omega \left(\frac{L}{R} - CR \right)$$

- Tenen freqüència de ressonància baixa
- Valors >1KΩ per f > 1MHz no aconsellables
- Son resistències per aplicacions de potència
- Novament busquem Q baixa

Resistències (4)

Resistències de pel·lícula metàl·lica



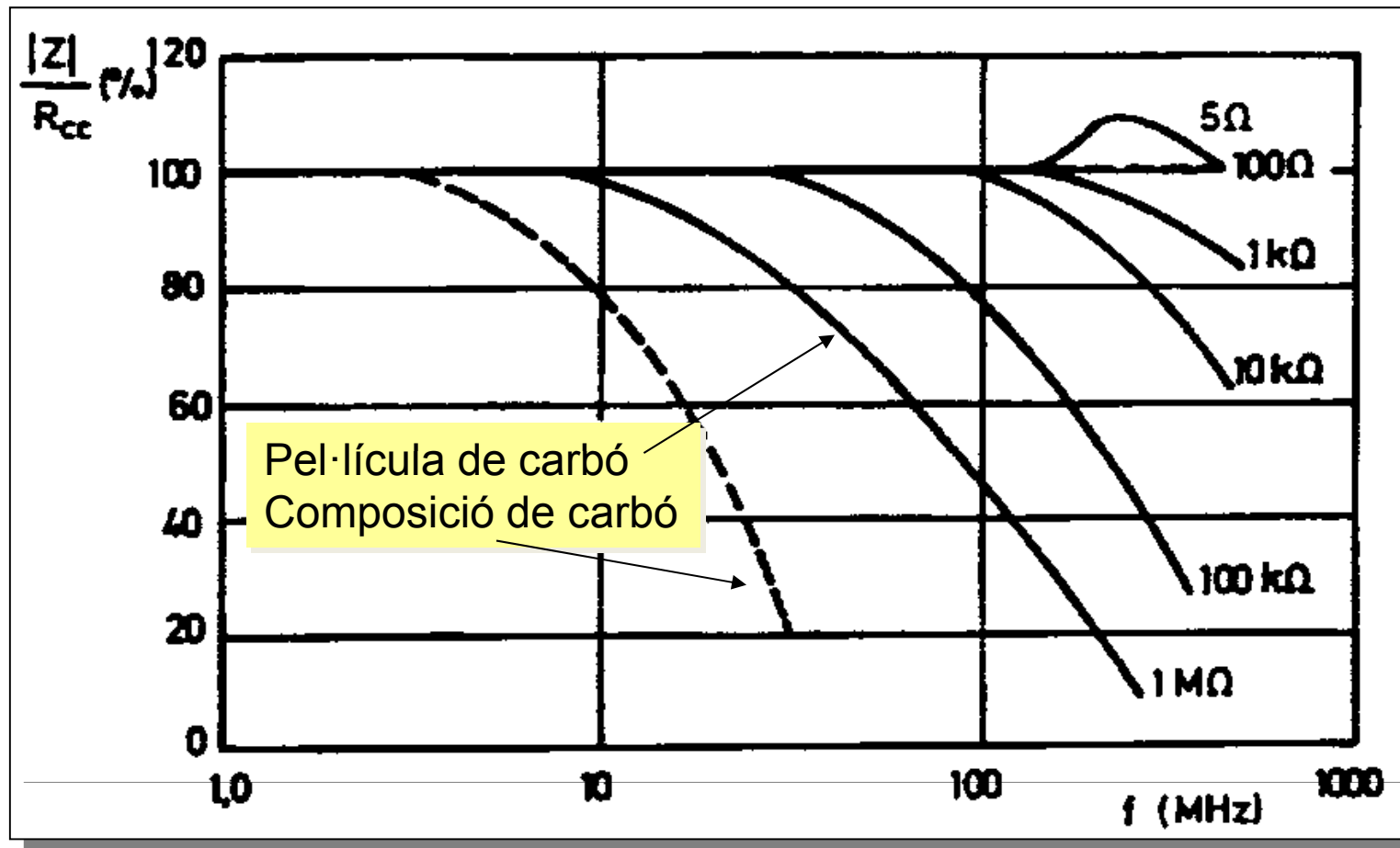
R: R en continua

L: L del devanat (15 a 700nH)

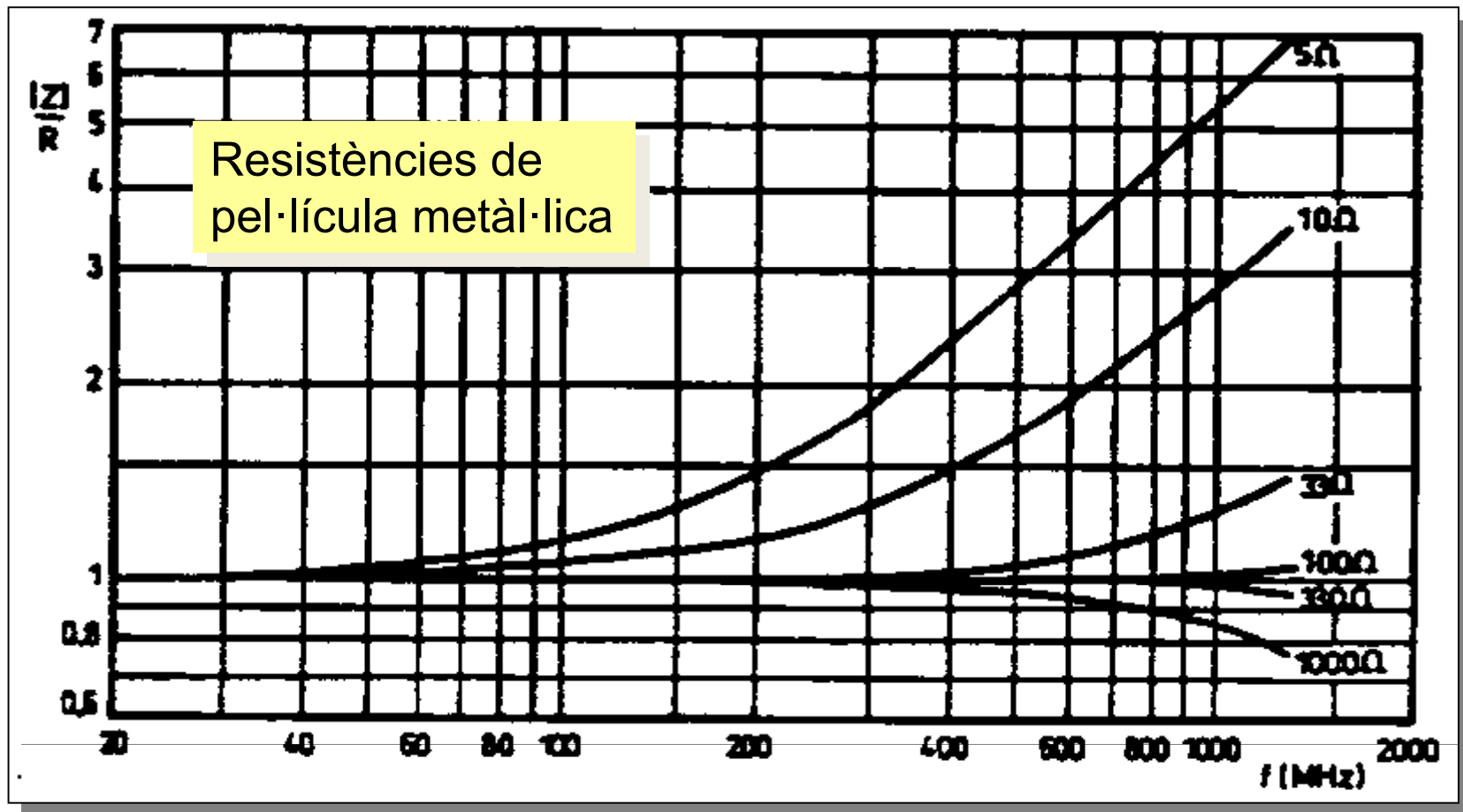
C: C distribuïda (0,1 a 0,8pF)

- Mateix model que resistències de carbó
- Millor comportament en freqüència
- Per valors $<100\Omega$ amb $f \uparrow$ predomina L i Z augmenta
- Per valors $>100\Omega$ amb $f \uparrow$ predomina C i Z disminueix
- Utilització per $f > 100\text{MHz}$. Tecnologia SMD (1nH, 0,1pF)
- Resistències en paral·lel. Augment de la freqüència de ressonància

Resistències (5)



Resistències (6)



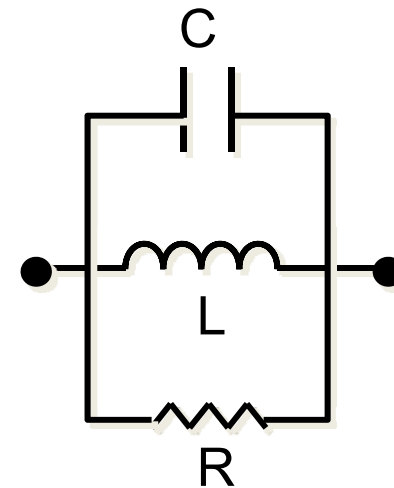
Ferrites



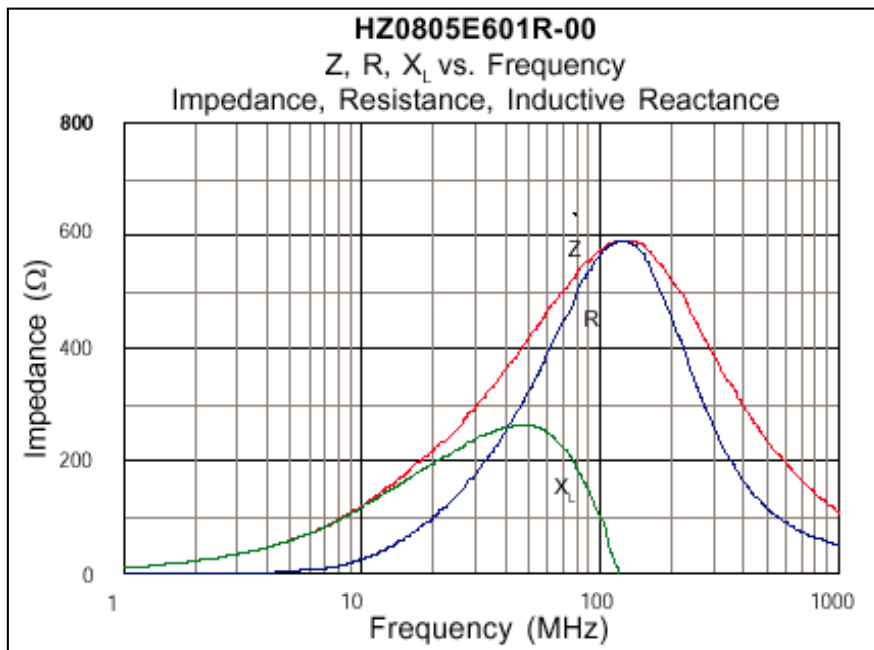
- Son components ceràmics no conductors
 - Compostos d'òxids de ferro amb òxids o carbonats de zenc, cobalt, níquel, manganès i terres rares.
 - Normalment compostos de Mn-Zn i Ni-Zn
 - Àmplia varietat de models, tipus i formes en el mercat segons els fabricants
- Presenten alta resistència elèctrica (pèrdues per Foucault baixes) i bon comportament fins el GHz
- Presenten una permeabilitat magnètica menor que altres compostos (1.000 vs 100.000)
- Bàsicament utilitzades en inductàncies, bobines de xoc i en la supressió d'interferències.

Ferrites (2)

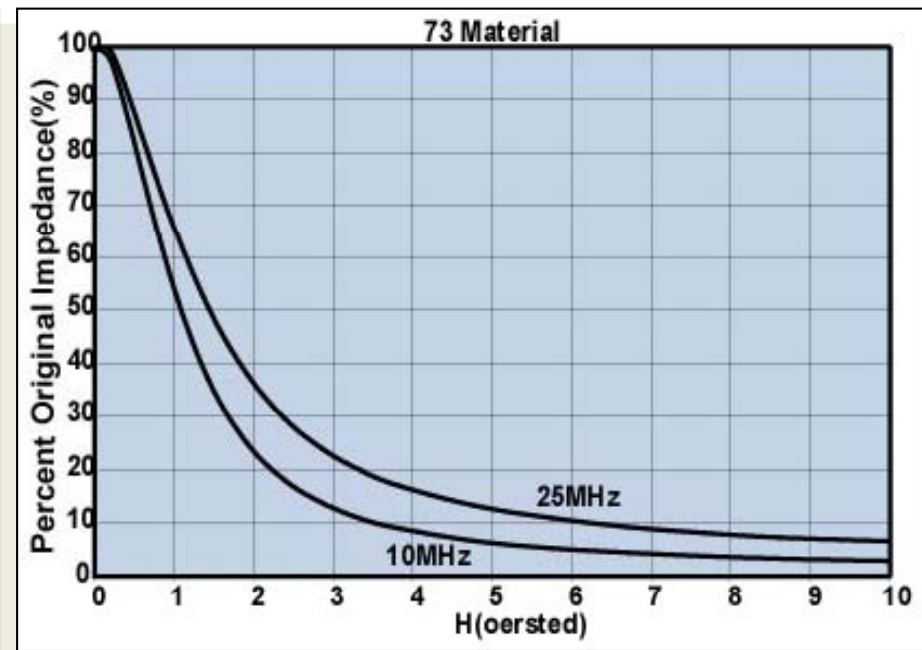
- Circuit ressonant sèrie amb una R en paral·lel
 - Es tracta de fer-la funcionar en torn de la ressonància
 - Per f baixa la Z és baixa (X_L baixa)
 - Per f alta la Z és baixa (X_C baixa)
 - En ressonància Z és màxima (valor R)
 - En general el valor de Z es d'uns 100Ω
 - Les pèrdues es dissipen en calor
 - Amb DC elevada es pot saturar el nucli (Z baixa)
 - Alta dependència de Z amb la temperatura



Ferrites (3)



Impedància vs freqüència

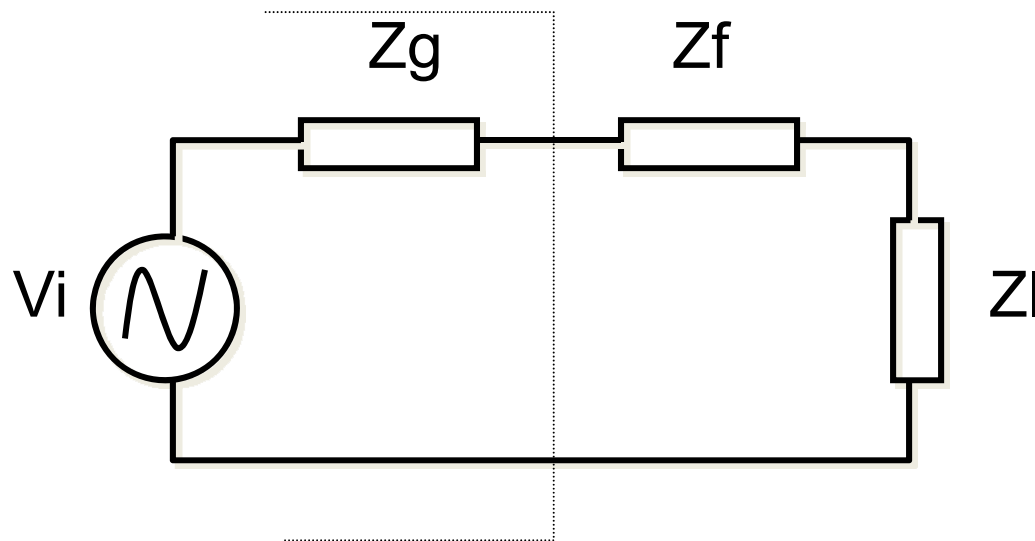


Saturació del nucli

Ferrites (4)

Aplicacions de les ferrites

- Filtrat de senyals en circuits de baixa impedància
- No és eficient per circuits amb Z elevada (entrades MOS)



Cal que $Z_f \gg Z_g$ i Z_l

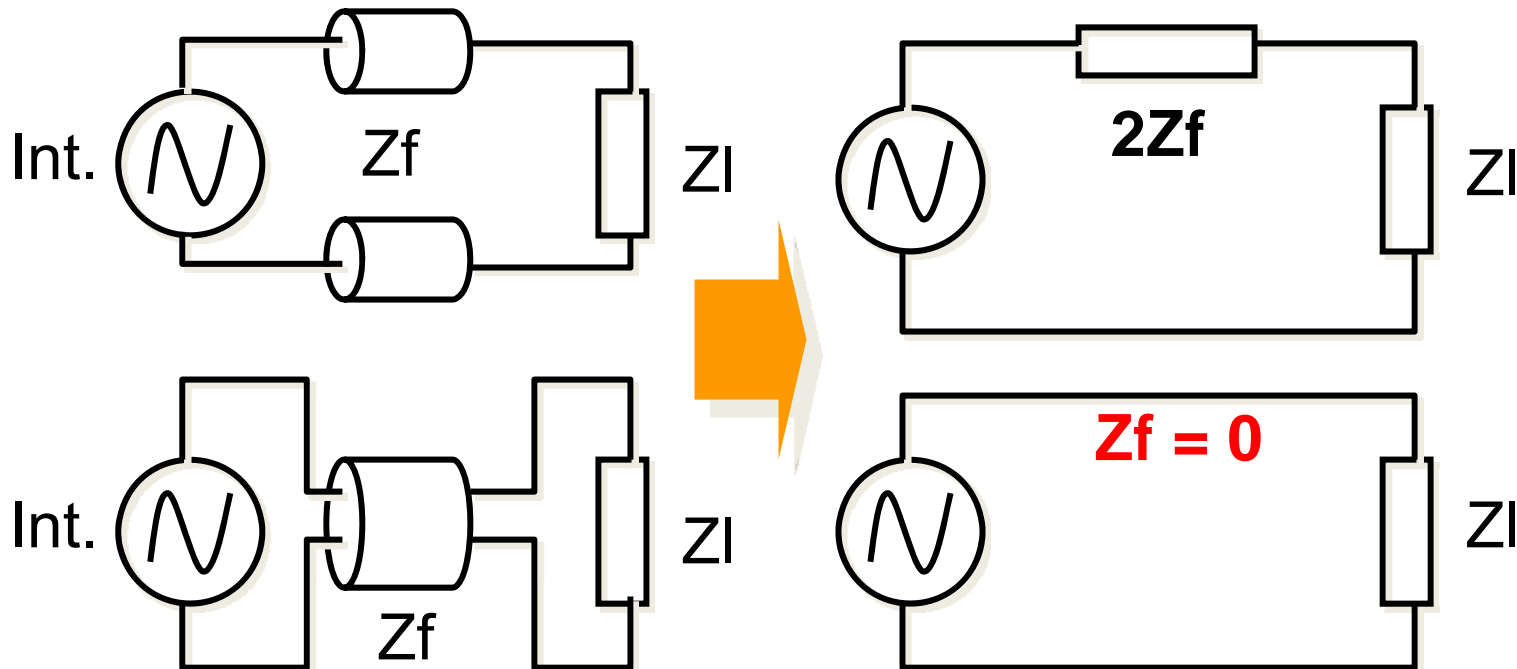
Exemple:
 $Z_g = Z_l = 50\Omega$
 $Z_f = 100\Omega$
Atenuació = 12dB

Ferrites (5)

Aplicacions de les ferrites

La col·locació de la ferrita depèn del tipus d'interferència

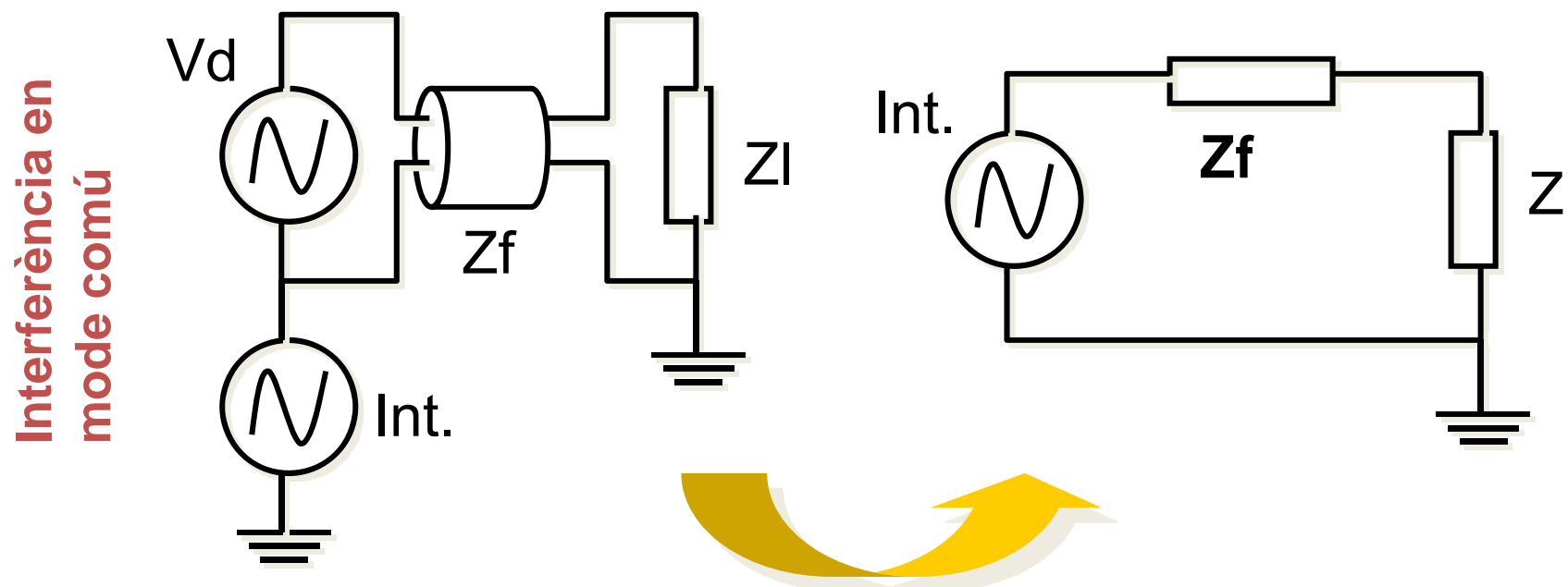
Interferència en
mode diferencial



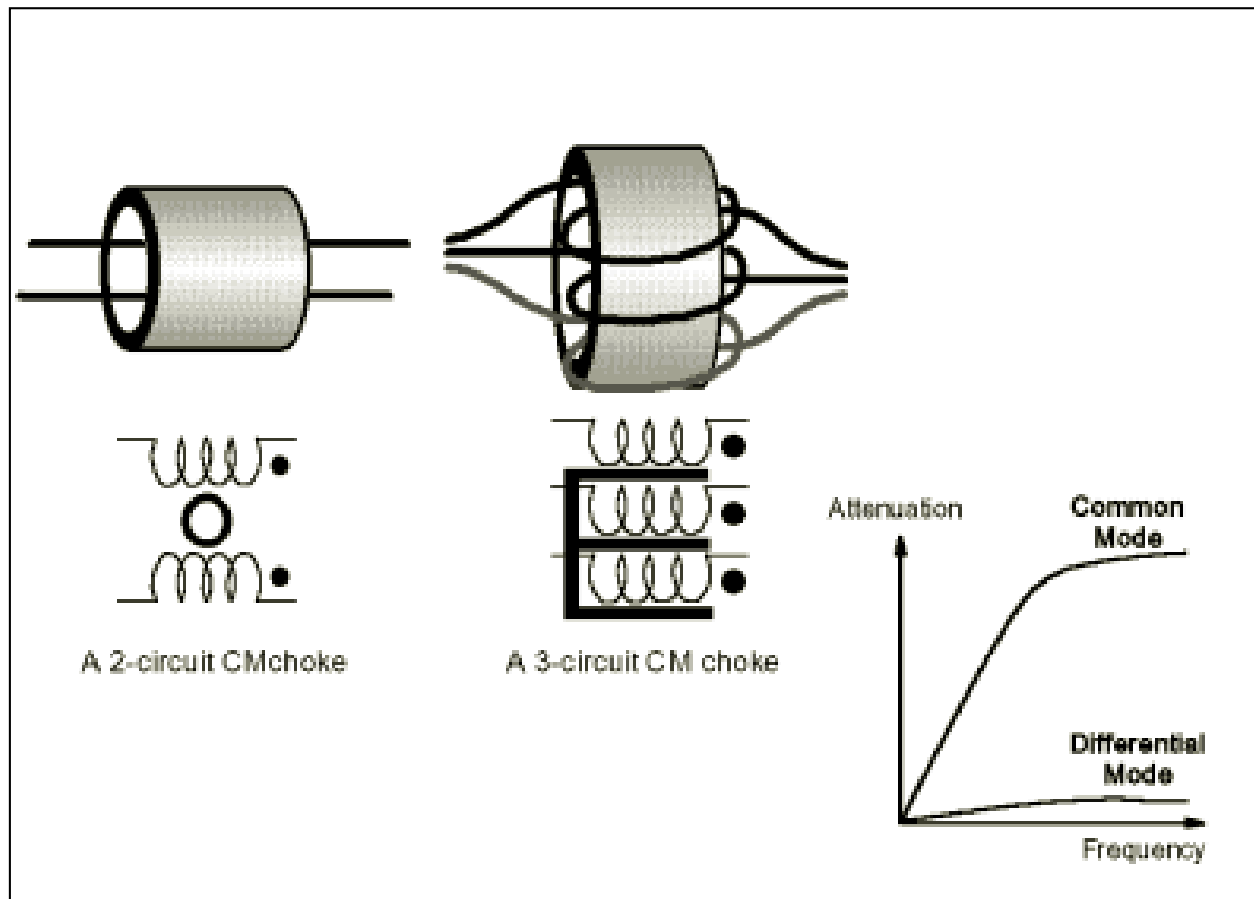
Ferrites (6)

Aplicacions de les ferrites

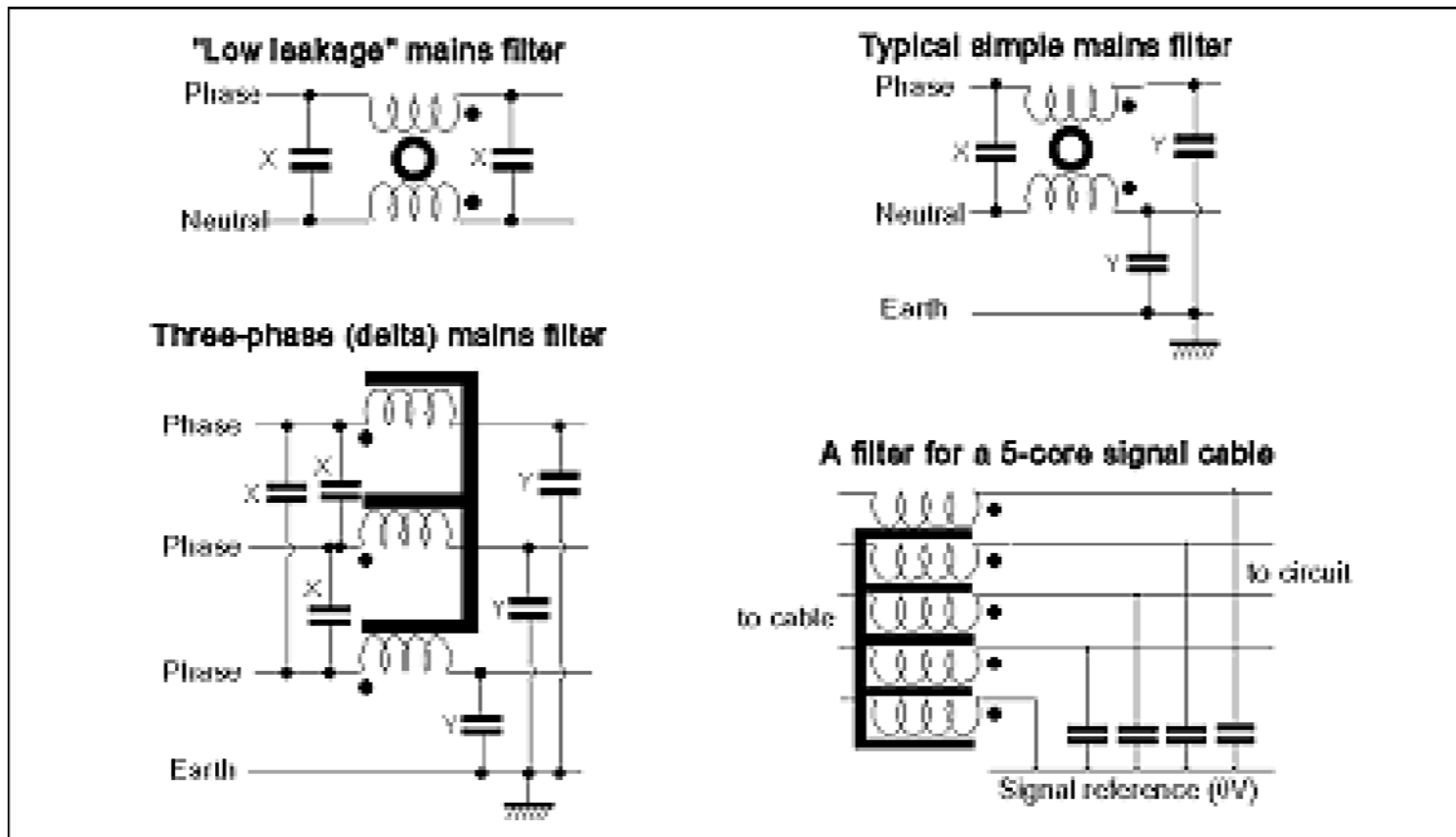
La col·locació de la ferrita depèn del tipus d'interferència



Ferrites (7)



Ferrites (8)



Conductors com components

- Els conductors son els components més comuns de tot circuit
- El seu comportament tampoc és ideal
Resistència i inductància no nul·les

$$R_{dc} = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S}$$

Resistència conductors:

Resistència augmenta amb freqüència degut a efecte pel·licular (skin effect). Concepte de profunditat de penetració (δ)

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \sigma \mu f}}$$

- A freqüències baixes δ és elevat
- Depèn de σ i de μ
- A freqüències elevades conducció en superfície → Conductors buits

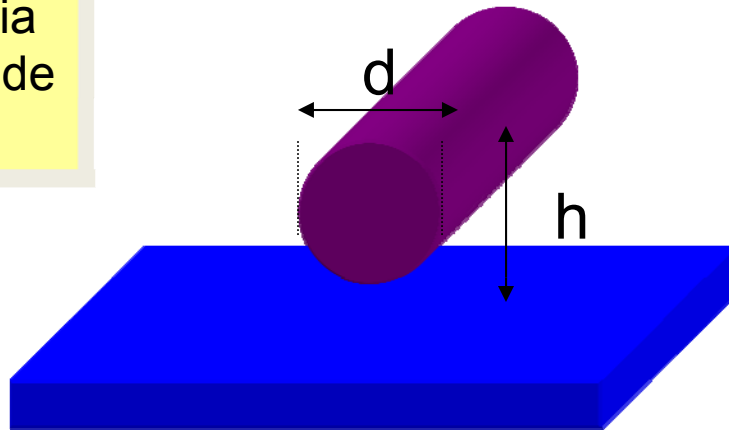
Conductors com components (2)

Inductància en els conductors:

- Augmenta amb la longitud
- Disminueix amb la superfície
- Disminueix amb la separació entre conductors en mode diferencial (inductància mútua)
- Augmenta amb l'àrea dels bucles en el circuit
- Disminueix amb els circuits amb pla de massa

Conductors com components (3)

Inductància sobre pla de massa



$$h > 1,5d$$

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln\left(\frac{4h}{d}\right) \quad \text{H/m}$$

$$R_{ac} = (0,096d\sqrt{f} + 0,26)R_{dc}$$

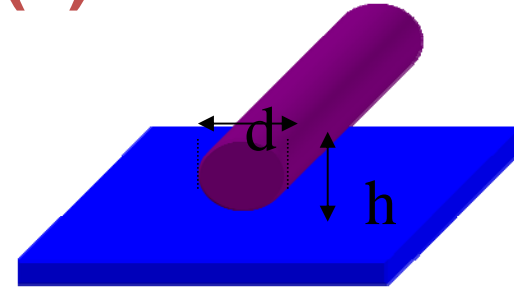
d en polsades

f en Hz

Aproximació vàlida per $d\sqrt{f} > 10$

Resistència AC conductor de coure en base a R contínua i freqüència

Conductors com components (4)



Inductance and Resistance of Round Conductors

Inductance (uH per in.)					
Wire Size AWG	Diameter in.	Resistance mohm/in.	0.25 in. above gnd plane	0.5 in. above gnd plane	1 in. above gnd plane
26	0,016	3,39	0,021	0,025	0,028
24	0,020	2,13	0,020	0,023	0,027
22	0,025	1,34	0,019	0,022	0,026
20	0,032	0,85	0,017	0,021	0,024
18	0,040	0,53	0,016	0,020	0,023
14	0,064	0,21	0,014	0,017	0,021
10	0,102	0,08	0,012	0,015	0,019

Fi del capítol 2:

Components Passius

Següent Capítol:

Conductors, Cables i Acoblament